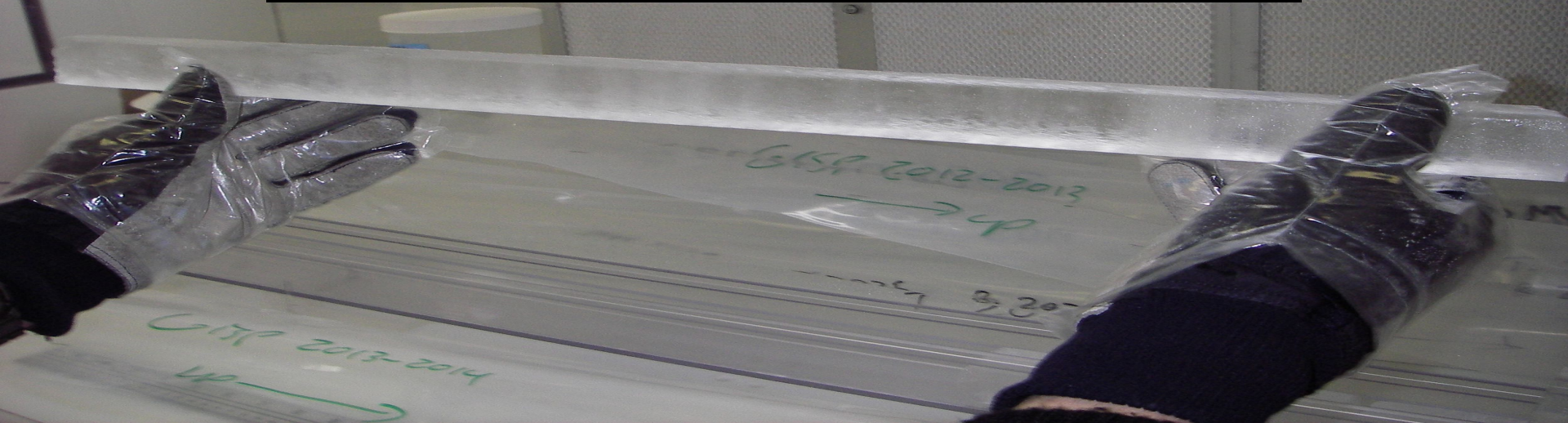
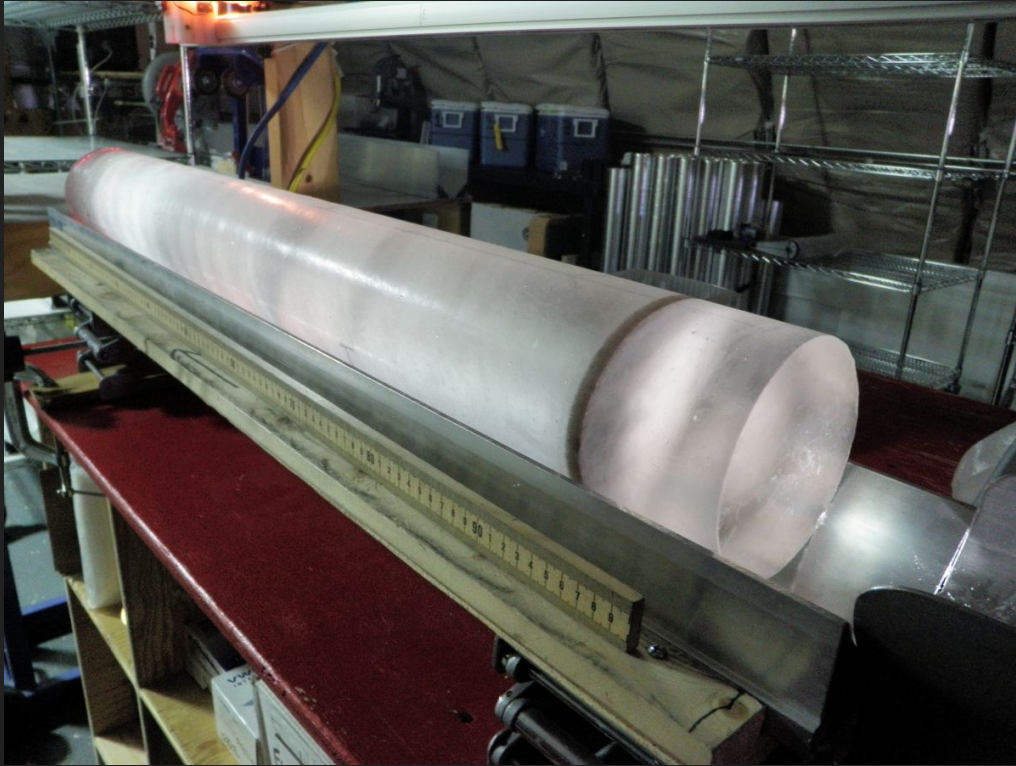


# Física Atmosférica - Testemunhos de gelo



Alisson Mendonça - 8068504  
Enzo Augusto Pinto - 9796770  
Gabriel Ramos - 10737460

# Testemunhos de gelo



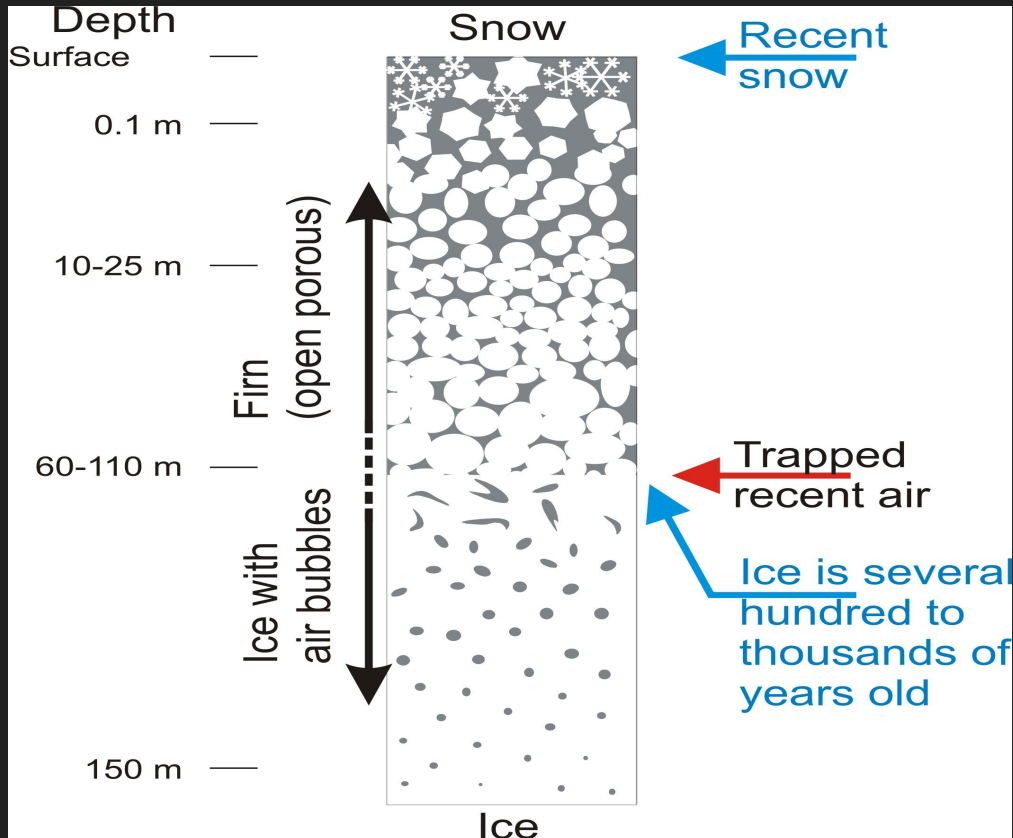
- Cilindros de gelo retirados de geleiras
- Condições atmosféricas passadas
- Estação Vostok (Antártica - 1997): profundidade de 3623m ~ 420 mil anos de história ambiental

# Geleiras



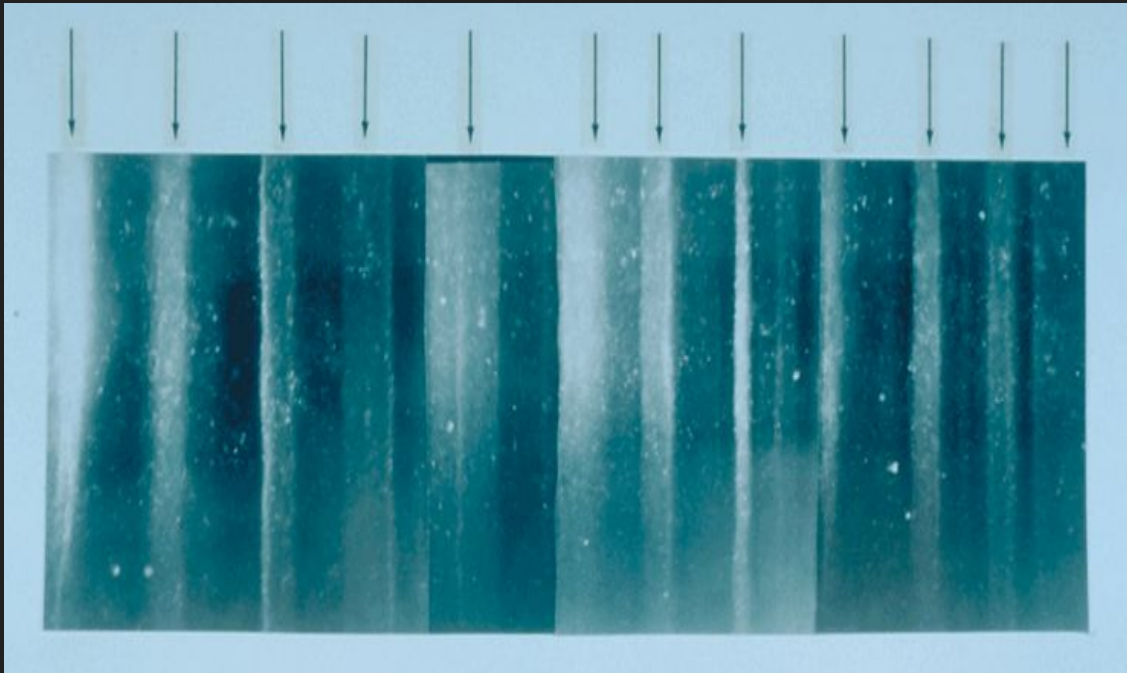
- Camadas de gelo.
- Taxa de acumulação maior que a de degelo.
- No processo de sua formação: captura de elementos atmosféricos.

# Geleiras - Neve Firn



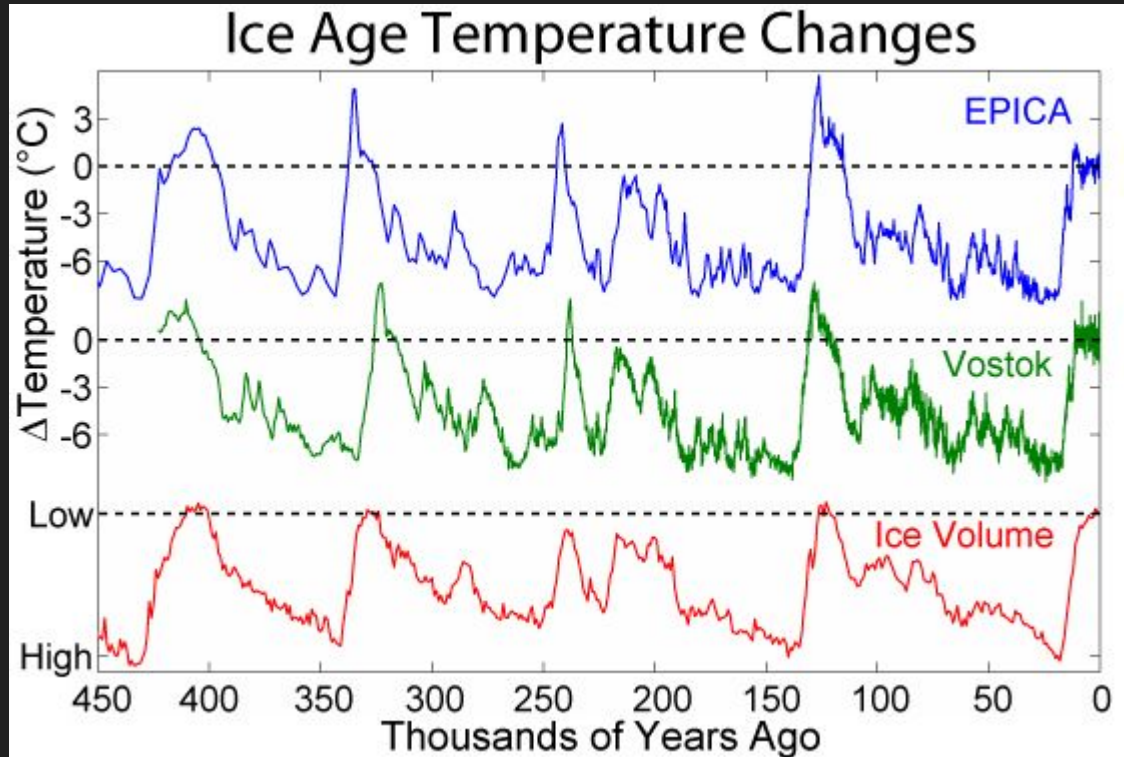
- Estágio intermediário entre neve fresca e gelo glacial.
- Densidade entre  $0.4 \text{ g/cm}^3$  to  $0.83 \text{ g/cm}^3$ : troca gasosas entre o interior e a atmosfera
- Densidade  $> 0.83 \text{ g/cm}^3$ : bolhas de ar
- 70-100m

# O que pode ser medido? - Taxa de precipitação e o quão quente foi o verão na região



- Camadas anuais.
- Distinção entre o que se formou no verão e inverno.
- Espessura das regiões sem bolhas: o quão quente foi o verão da sua formação.
- Contagem dos anos como em anéis de árvores (exceto em grandes profundidades).

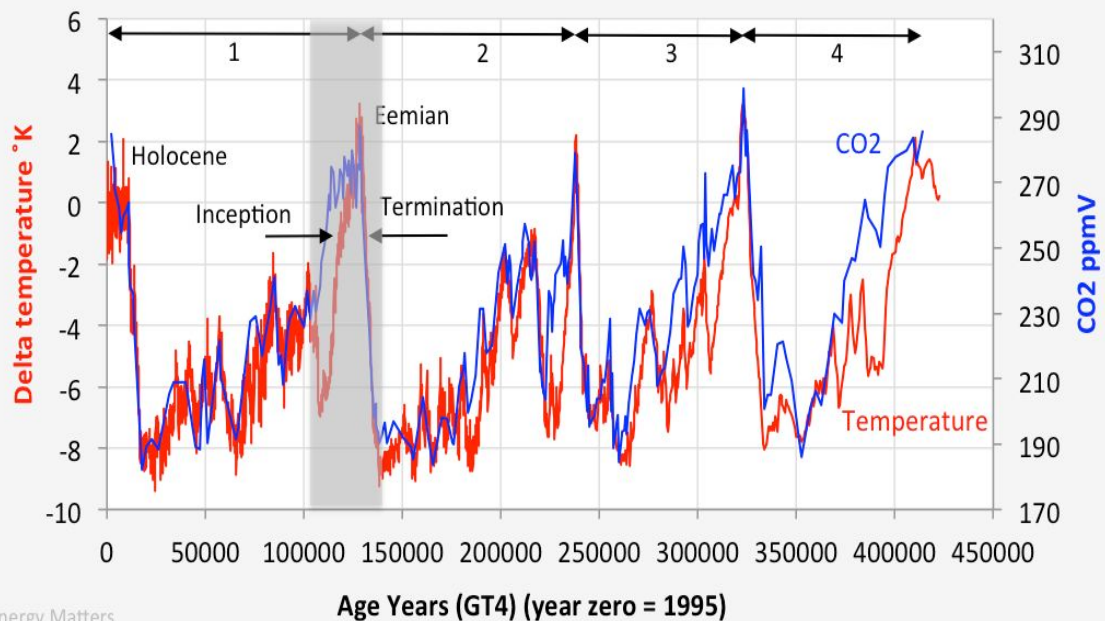
# O que pode ser medido? - Temperaturas passadas



- Proporção entre isótopos leves e pesados do hidrogênio e do oxigênio: dependem da temperatura.
- Gráfico ao lado: determinado através da medição de deutério presente num testemunho de gelo.

# O que pode ser medido? - Gases estufas e outros

## Vostok Ice Core: Temperature and CO2

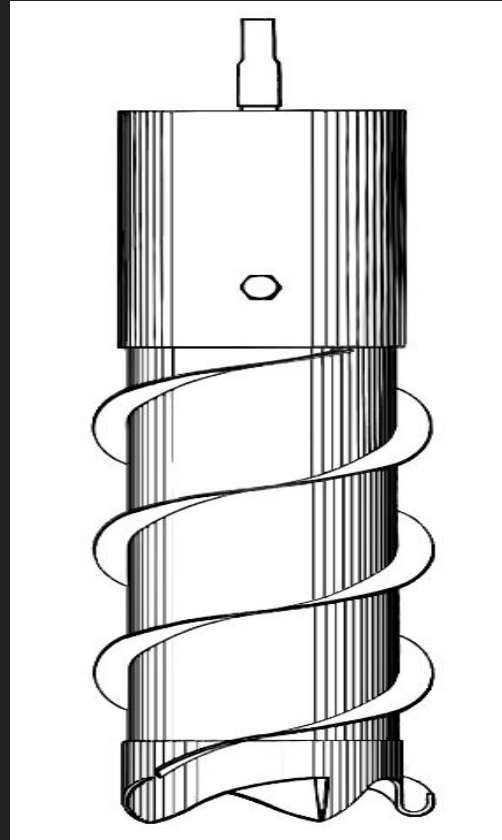


Energy Matters  
euanmearns.com

<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/vostok/vostok.html>

- Gás carbônico e metano.
- Isótopos de O18: volume global de gelo.
- Piroclastos: quaisquer fragmentos ejetados por erupções vulcânicas.

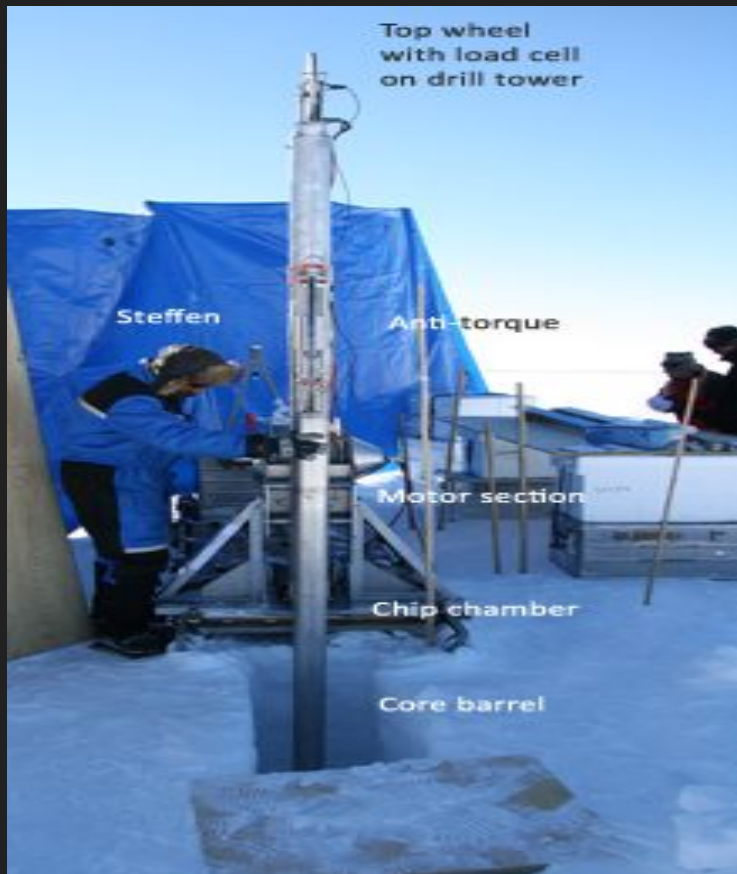
# Como são obtidas as amostras - Trado manual



- Recipiente cilíndrico + haste de extensão.
- Extremidades: Lâminas de corte e manivela.
- 2 pessoas trabalhando junto: profundidade de até 30 m.
- Relativamente leve ~80kg.



# Como são obtidas as amostras - Trado eletromecânico



- Profundidades de até 350m.
- Trado ~ broca.
- Cabo + torre + motor + sistema anti-torque.
- Ao invés de perfurar o gelo, podemos derrete-lo.
- Para profundidades maiores: problemas com a diferença de pressão. Preenchemos o buraco com algum líquido especial.

# Confiabilidade dos dados - algumas perguntas

1. O derretimento é levado em conta?
2. O ar não escapa do gelo ao longo do tempo?
3. Há outras formas de obter esses dados, e os resultados são condizentes?
4. Qual a incerteza dos dados obtidos?

# Derretimento

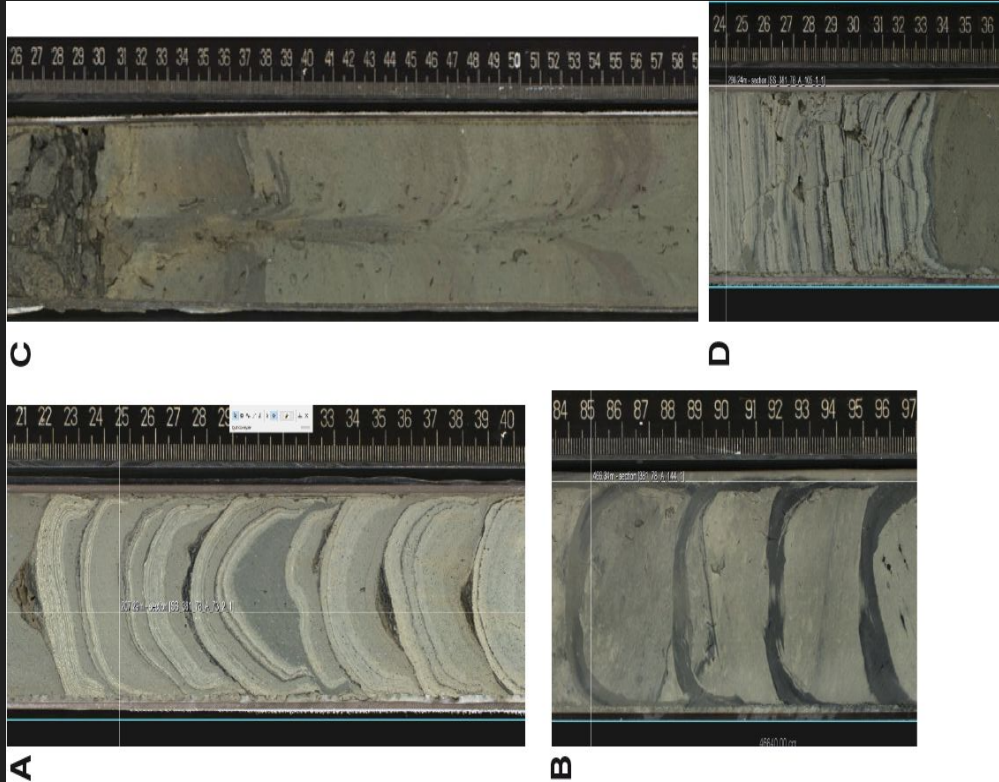


- Nas camadas superiores da atmosfera, a concentração de  $\text{CO}_2$  é menor do que na superfície. Por isso, o derretimento do gelo nas geleiras é facilmente verificável pelo  $\text{CO}_2$  dissolvido no gelo do testemunho.

# Difusão

- A difusão de gases no gelo por muito tempo foi considerada irrelevante.
- Em 2008 foi publicado um artigo investigando essa suposição, que descobriu que em certas profundidades e em certas condições o afinamento do CO<sub>2</sub> pode ser significativo e deve ser levado em conta em uma segunda aproximação.

# Sedimentos marinhos



Os chamados testemunhos marinhos também são fontes de informação sobre o clima no passado, ainda que menos confiáveis do que os testemunhos de gelo.

# Eventos significativos como calibração



- Eventos grandes como erupções vulcânicas deixam suas marcas de várias maneiras, muitas dessas relativamente bem datáveis. Dessa forma, é possível confirmar a validade dos dados obtidos com outros bem confiáveis, mesmo que menos frequentes.

# Lei de Sorge

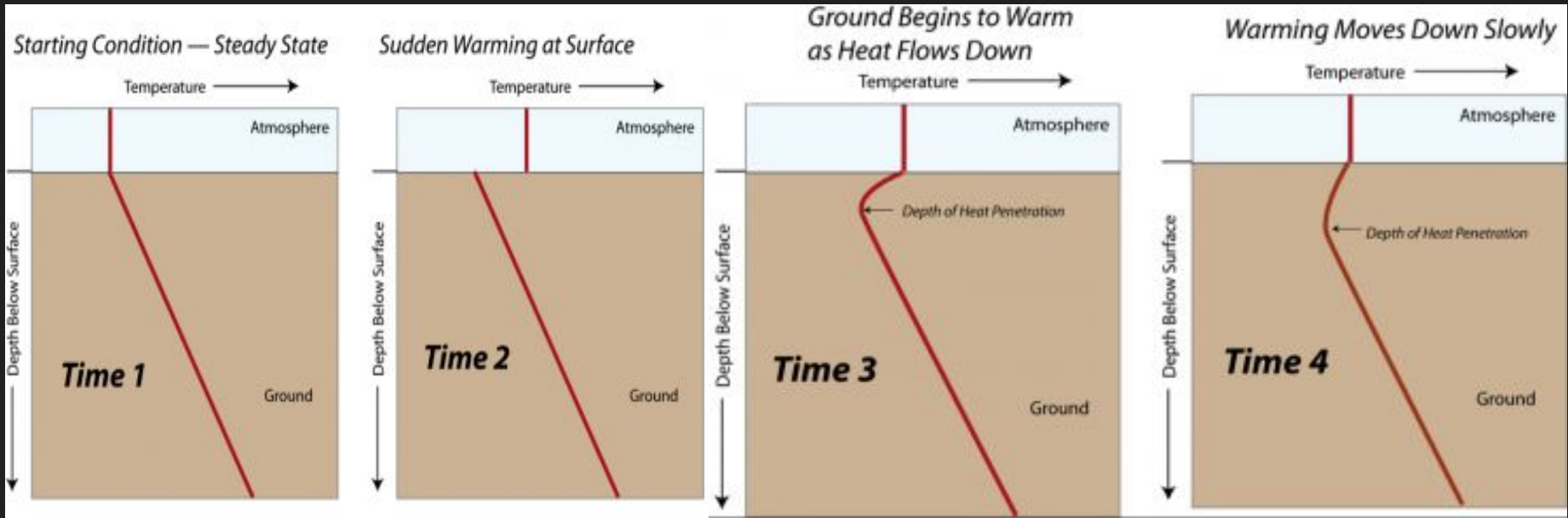


A versão simplificada da lei de Sorge afirma que, se uma geleira satisfizer certas condições, a densidade do gelo depende apenas de sua profundidade, ou seja, não varia com o tempo. Elas são:

- 1) O derretimento do gelo é negligenciável;
- 2) As condições climáticas não variam significativamente no intervalo de tempo considerado.

Satisfeitas essas condições, a lei é válida e pode ser usada para encontrar a acumulação anual quando as camadas não são visíveis a olho nu.

# Poços termométricos



- Poços termométricos: buracos pelos quais a temperatura é medida em diversas profundidades.

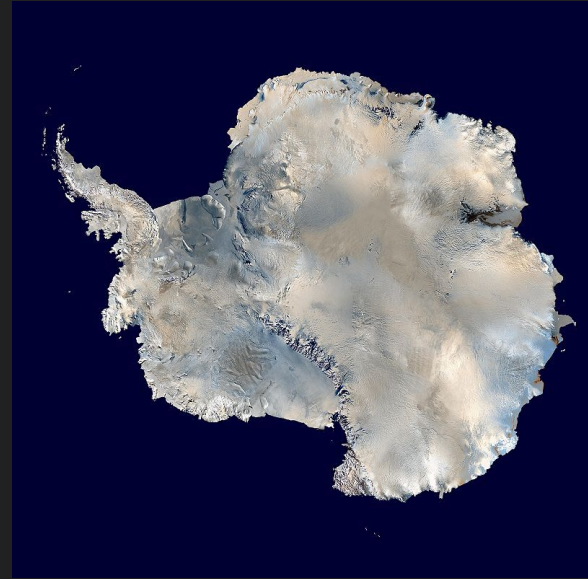


# Validade da lei

- Com essas informações, existe algum lugar que satisfaça essas condições? Sim!



- Costa sudeste da Groenlândia



- Antártida

# Tratamento amostra



## Contaminações:

- Na extração do testemunho de gelo
- Ambiente

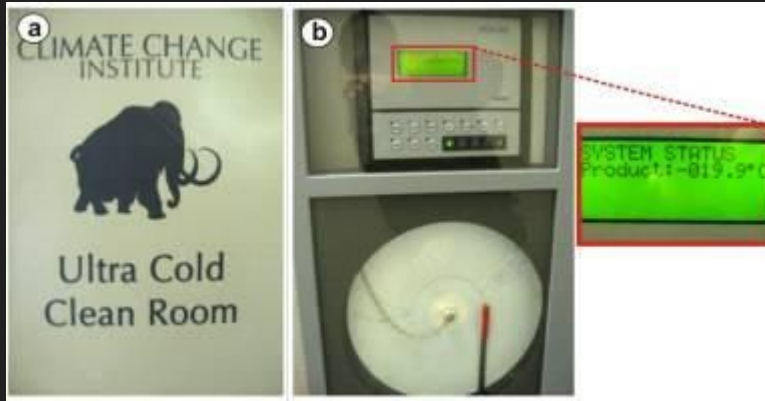


# Tratamento amostra

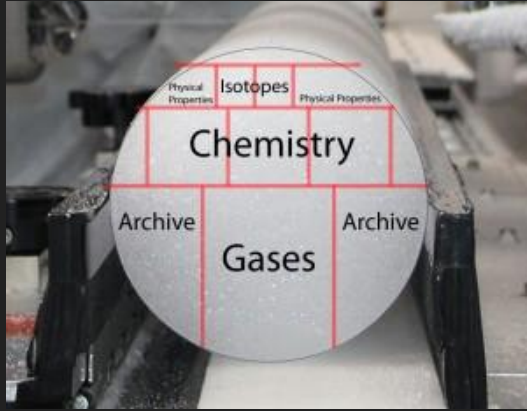


Contaminações:

- Transporte
- Armazenamento



# Tratamento amostra

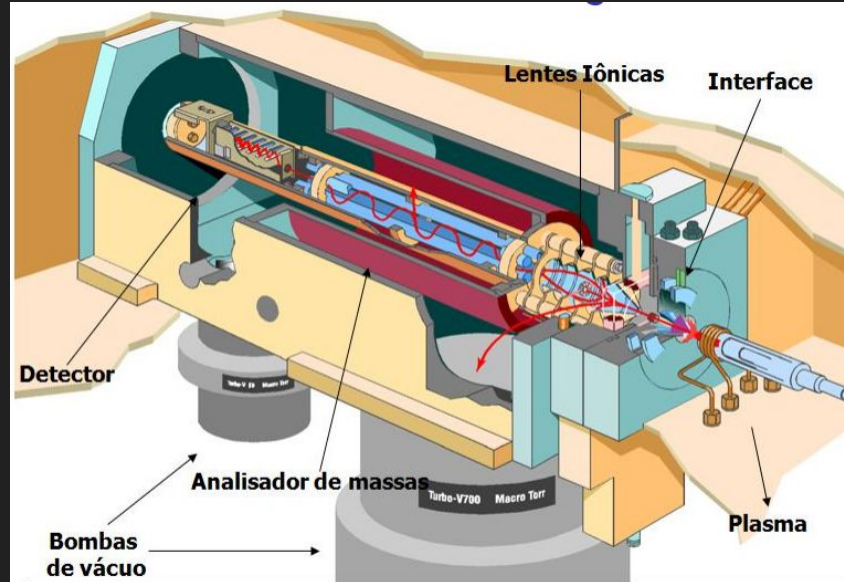


- Raspagem
- Fracionamento



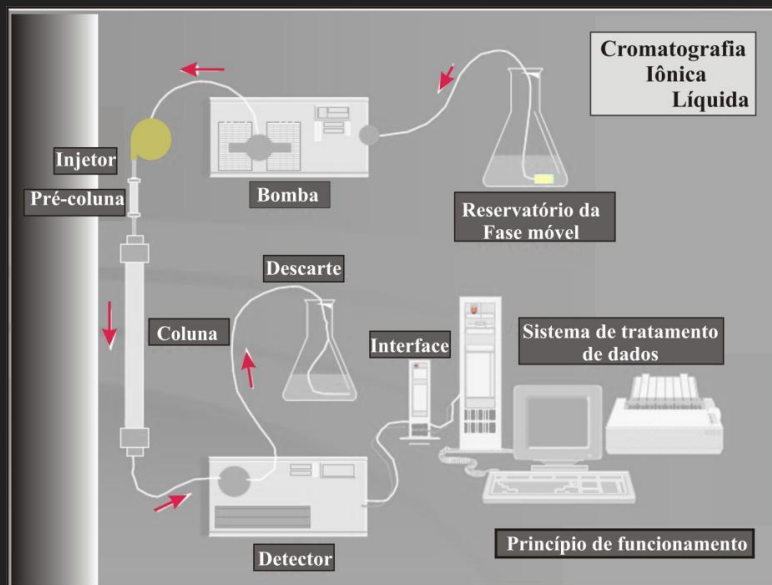
# Métodos de análises

- ICP-MS: Espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente
- Detecta 1/10.000.000.



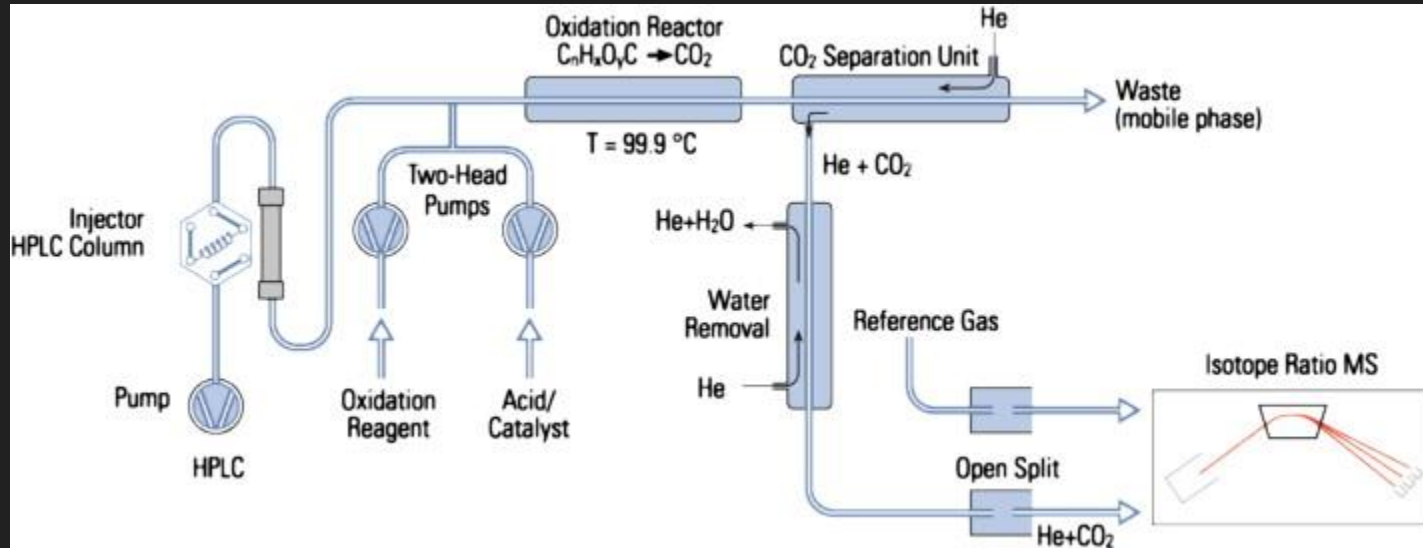
# Métodos de análises

- Cromatografia Iônica



# Métodos de análises

- IRMS: Espectrometria de Massa por Abundância de Isótopos.



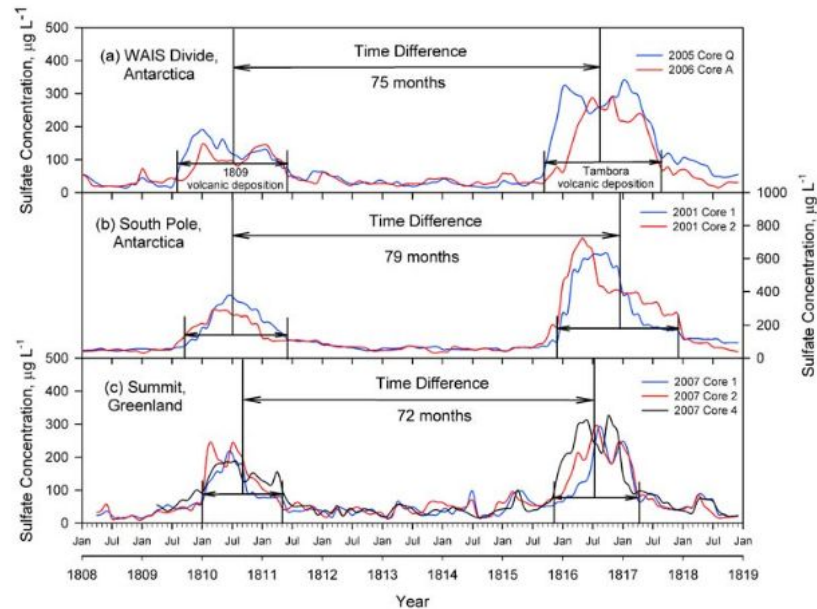
# Década de 1810 - 1819



- Provavelmente a década mais fria dos últimos 500 anos
- 1816 - Verão mais frio registrado na europa entre 1766 e 2000.
- O evento é atribuído à erupção do Monte Tambora em 1815
- Testemunhos de gelo retirados da Groenlândia e da Antártica mostram que outra grande erupção não documentada em 1809 também foi responsável.

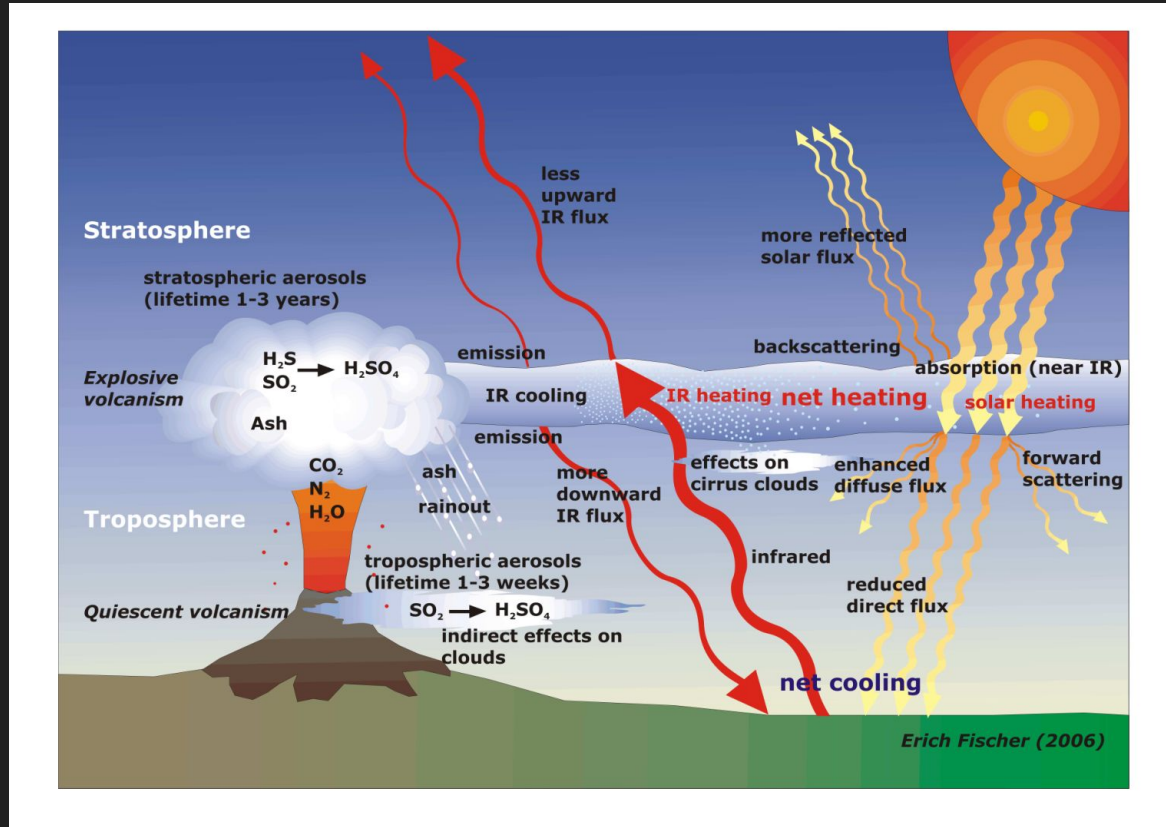


# Anomalia do isótopo de enxofre

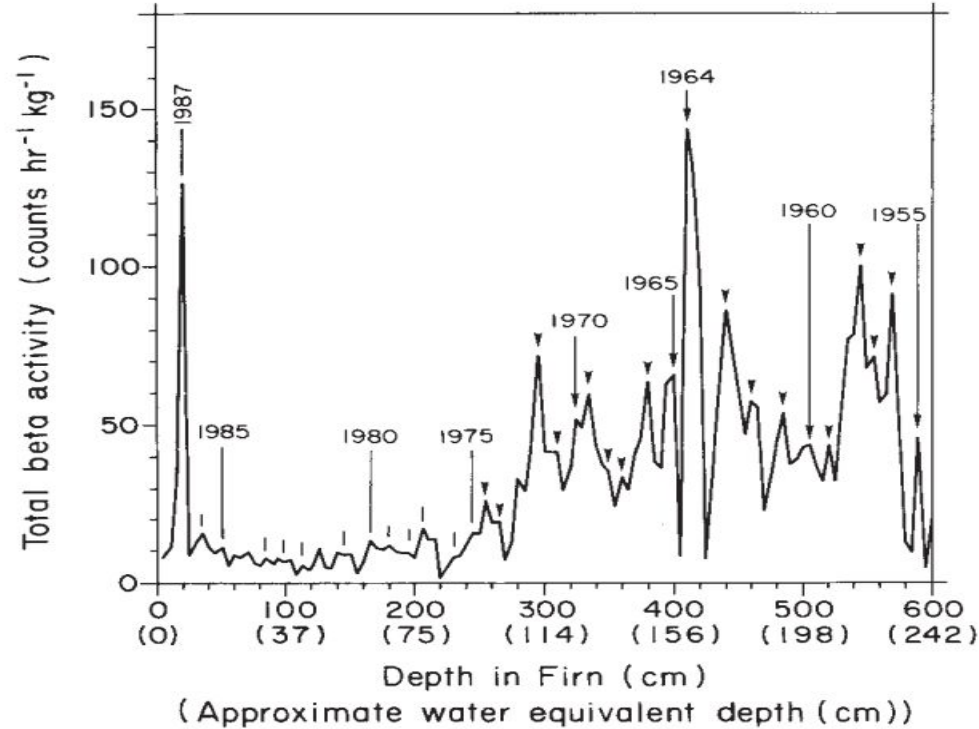


**Figure 1.** Sulfate deposition from the Tambora and 1809 volcanic eruptions in Antarctica and Greenland ice cores. The length of a deposition period is determined by the continuous elevation of sulfate concentration above the non-volcanic background. Time difference is the length of time between the mid-point of Tambora deposition and that of the 1809 eruption.

# Erupções vulcânicas e o clima



# Radiação beta no Polo Sul



- 1952-1953: Início dos testes com bombas de hidrogênio
- 1961: Tsar Bomba - mais potente bomba nuclear já detonada
- 1963: Tratado de Interdição Parcial de Ensaios Nucleares
- 1986: Acidente de Chernobyl

# Vítimas do aquecimento global

## Scientists Collect Ice Cores From Glaciers Before They Disappear

Scientists are drilling glacier ice before rising temperatures destroy valuable data.

### International launch of the "Ice Memory" project

**When :**

from Wednesday 8 March, 2017  
14:00  
to Friday 10 March, 2017  
17:30

**Type of event :**

Category 6-Expert Committee

**Where :**

UNESCO Headquarters, 7, place de  
Fontenoy, 75007, Paris, France

**Contact :**

Peter Dogsé/84098/p.dogse@unesco.org

# Referências bibliográficas

[https://www.giss.nasa.gov/research/features/201708\\_icecores/](https://www.giss.nasa.gov/research/features/201708_icecores/)

<http://www.ufrgs.br/inctcriosfera/arquivos/Glossario.pdf>

<https://www.nationalgeographic.com/news/2017/06/scientists-collect-ice-cores-from-glaciers-before-they-disappear-spd/>

<https://en.unesco.org/events/international-launch-ice-memory-project>

<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-glaciology/article/reliability-of-icecore-science-historical-insights/92910C4F70F7D55B05484DADD5C45236/core-reader>

<https://www.e-education.psu.edu/earth103/node/752?fbclid=IwAR0d-MDhOenmcTO-7ITOnswndCHRJL89gkgsAv1gV3WrX59MpHUOOP6Mafo>

[https://de.wikipedia.org/wiki/Ernst\\_Sorge](https://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_Sorge)

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Gronel%C3%A2ndia#/media/Ficheiro:Greenland\\_eastcoast.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Gronel%C3%A2ndia#/media/Ficheiro:Greenland_eastcoast.jpg)

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ant%C3%A1rtida#/media/Ficheiro:Antarctica\\_6400px\\_from\\_Blue\\_Marble.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ant%C3%A1rtida#/media/Ficheiro:Antarctica_6400px_from_Blue_Marble.jpg)

<https://escolakids.uol.com.br/ciencias/ponto-de-fusao-e-ponto-de-ebulicao.htm>

# Referências bibliográficas

HAMMES, D. F.; ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL DA QUÍMICA IÔNICA DE UM TESTEMUNHO DO MANTO DE GELO DA ANTÁRTICA OCIDENTAL; Dissertação; 120 fls, 2011.

CARLOS, F. S.; VARIABILIDADE QUÍMICA E CLIMÁTICA NO REGISTRO DO TESTEMUNHO DE GELO MOUNT JOHNS – ANTÁRTICA; Tese, 146 fls, 2016.

DALIA, K.C.; EVANGELISTA, H.; SIMÕES, J. C.; PEREIRA, E. B.; Sazonalidade de aerossóis atmosféricos e microanálise individual por EDS em testemunho de gelo da ilha Rei George;

[https://www.researchgate.net/publication/235964061\\_Sazonalidade\\_de\\_aerossois\\_atmosfericos\\_e\\_microanalise\\_individual\\_por\\_EDS\\_em\\_testemunho\\_de\\_gelo\\_da\\_ilha\\_Rei\\_George?enrichId=rgreq-51e5f08ffffcdf7c93f188139812c003-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNTk2NDA2MTtBUzoxMDM0OTk4NTM0Njc2NTJAMTQwMTY4NzY5NjQxMA%3D%3D&el=1\\_x\\_2&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/235964061_Sazonalidade_de_aerossois_atmosfericos_e_microanalise_individual_por_EDS_em_testemunho_de_gelo_da_ilha_Rei_George?enrichId=rgreq-51e5f08ffffcdf7c93f188139812c003-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNTk2NDA2MTtBUzoxMDM0OTk4NTM0Njc2NTJAMTQwMTY4NzY5NjQxMA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf),

<https://icecores.org/about-ice-cores>

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01757253/document>

[www.iceandclimate.nbi.ku.dk](http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk)

<https://icecores.org/about-ice-cores>

<http://www.antarcticglaciers.org/question/how-are-ice-cores-dated/>

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009GL040882>